

บทที่ 2

สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 ลำไย

ลำไย (longan) เป็นไม้ผลตระกูล Sapindaceae จำแนกออกได้เป็น 2 สายพันธุ์ (Species) ขึ้นอยู่กับลักษณะของลำต้น ผล และเมล็ด และการใช้ประโยชน์ คือ 1) ลำไยต้น *Euphoria longana* Lamk. หรือ *Euphoria longana* Lour. (Subhadrabandhu, 1990) หรือ *Dimocarpus longan* Lour. เป็นลำไยที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทยที่จังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน พะเยา และในภาคอีสานที่จังหวัดนครราชสีมา เลย หนองคาย อีกสายพันธุ์หนึ่งคือ 2) ลำไยเถา *Euphoria scandens* Winit. Kerr. หรือ *Dimocarpus longan* var. *obtusus* ใช้เป็นไม้ประดับ โดยจะตัดเป็นพุ่มเตี้ยหรือปลูกเป็นไม้กั้นลม (พงษ์ศักดิ์, 2542) ปลูกเพื่อการค้าในประเทศจีนตอนใต้ ภาคกลางของไต้หวัน และภาคเหนือของประเทศไทย (Tongdee, 1997)

ลำไยเป็นผลไม้ชนิดบ่มไม่สุก (non-climacteric fruit) (Subhadrabandhu, 1990) มีขนาดลำต้นสูงปานกลางจนถึงขนาดใหญ่ สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยเมล็ดและตอนกิ่ง โดยต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดจะมีลำต้นตรงเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีความสูงประมาณ 12-15 เมตร และหากเป็นต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งจะแตกกิ่งก้านสาขาใกล้ๆกับพื้น ใบเป็นใบรวม ประกอบด้วยใบย่อยอยู่บนก้านใบรวมกัน (pinnately compound leaves) ช่อดอกส่วนมากจะเกิดจากตาที่ปลายยอด (terminal bud) บางครั้งเกิดจากตาข้างของกิ่ง ดอกมีสีขาวหรือขาวอมเหลืองมีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 มิลลิเมตร มีผลทรงกลม หรือเบี้ยวเปลือกสีน้ำตาลปนเหลือง หรือปนเขียวผลสุกมีเปลือกสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอมแดง (พงษ์ศักดิ์, 2542)

2.1.1 ลำไยพันธุ์คอหรืออีคอ

ลำไยพันธุ์คอหรืออีคอ เป็นลำไยพันธุ์เบา คือ ออกดอกและเก็บผลก่อนพันธุ์อื่น ชาวสวนจึงนิยมปลูกมากที่สุดเพราะเก็บเกี่ยวได้ก่อน ทำให้ได้ราคาดี ตลาดต่างประเทศนิยมสามารถจำหน่ายทั้งผลสดและแปรรูปทำลำไยกระป๋องและอบแห้ง ลำไยพันธุ์นี้เจริญเติบโตดีเฉพาะในดินอุดมสมบูรณ์และมีน้ำพอเพียง ทนแล้งและทนน้ำได้ดีปานกลาง ลำไยพันธุ์คอ แบ่งตามสีของยอดอ่อนได้ 2 ชนิด ดังนี้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยและลิ้นจี่มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2543)

ก. คอยอดแดง เจริญเติบโตเร็วมากเมื่อเปรียบเทียบกับคอยอดเขียว ลำต้นแข็งแรงไม่หักง่าย เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลปนแดง ใบอ่อนมีสีแดง ปัจจุบันไม่นิยมปลูก เนื่องจากออกดอกติดผลไม่ดี และเมื่อผลเริ่มสุกลำเก็บไม่ทันผลจะร่วงเสียหายมาก

ข. คอยอดเขียว มีลักษณะต้นคล้ายคอยอดแดง ใบอ่อนเป็นสีเขียว ออกดอกติดผลง่ายแต่อาจไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ลำไยพันธุ์ค้อยังแบ่งตามลักษณะของก้านช่อผลได้อีก 2 ชนิด คือ ดอก้านอ่อน จะมีเปลือกของผลบาง และ ดอก้านแข็ง มีเปลือกของผลหนาขนาดผลค่อนข้างใหญ่เฉลี่ย กว้าง 2.7 เซนติเมตร หนา 2.4 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร ทรงผลกลมแป้น เบี้ยว ยกบ้างเดียว ผิวสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่าง สีน้ำตาลเข้ม เนื้อค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 20 เมล็ดขนาดใหญ่ปานกลาง รูปร่างแบนเล็กน้อย

2.1.2 ส่วนประกอบทางเคมีของลำไยสดและลำไยอบแห้ง

จากการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลำไยสดในปีพ.ศ.2526 – 2527 และลำไยอบแห้งพบว่ามีส่วนประกอบดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

ตาราง 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลำใยในระยะเก็บเกี่ยวผล

ส่วนประกอบ	ปีที่ศึกษา	
	2526	2527
เนื้อผล (ร้อยละ น้ำหนักแห้ง)	19.80 ± 0.20	16.50 ± 0.70
เปลือกผล (ร้อยละ น้ำหนักแห้ง)	35.70 ± 0.60	35.60 ± 0.40
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (ร้อยละ)	20.10 ± 0.10	18.30 ± 0.20
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	184.00 ± 7.00	154.00 ± 11.00
ซูโครส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	27.00 ± 15.00	29.00 ± 3.00
กลูโคส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	22.00 ± 17.00	17.00 ± 1.00
ฟรุกโตส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	28.00 ± 17.00	23.00 ± 1.00
ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	2.30 ± 0.10	2.10 ± 0.10
pH	6.20 ± 0.10	6.40 ± 0.10
กรดซิตริก (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.01
กรดมาลิก (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	0.89 ± 0.16	0.35 ± 0.07
กรดซัคซินิก (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	1.85 ± 0.19	1.15 ± 0.11
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม/กรัม)	2.00 ± 0.20	1.40 ± 0.20
ปริมาณของฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม/กรัม)	0.80 ± 0.10	0.50 ± 0.10

ที่มา : Paull and Chen (1987)

ตาราง 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของลำไยอบแห้งต่อ 100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง

องค์ประกอบ	หน่วย	ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง
Proximates		
Water	กรัม	17.6
Energy	กิโลแคลอรี	286
Energy	กิโลจูล	1197
Protein	กรัม	4.90
Total lipid (fat)	กรัม	0.40
Ash	กรัม	3.10
Carbohydrate, by difference	กรัม	74.00
Minerals		
Calcium, Ca	มิลลิกรัม	45
Iron, Fe	มิลลิกรัม	5.40
Magnesium, Mg	มิลลิกรัม	46
Phosphorus, P	มิลลิกรัม	196
Potassium, K	มิลลิกรัม	658
Sodium, Na	มิลลิกรัม	48
Zinc, Zn	มิลลิกรัม	0.22
Copper, Cu	มิลลิกรัม	0.807
Manganese, Mn	มิลลิกรัม	0.248
Vitamins		
Vitamin C, total ascorbic acid	มิลลิกรัม	28
Thiamin	มิลลิกรัม	0.040
Riboflavin	มิลลิกรัม	0.500
Niacin	มิลลิกรัม	1.000
Vitamin B-12	ไมโครกรัม	0.00
Vitamin A, IU	IU	0
Retinol	ไมโครกรัม	0
Lipids		
Cholesterol	มิลลิกรัม	0

ตาราง 2.2 (ต่อ)

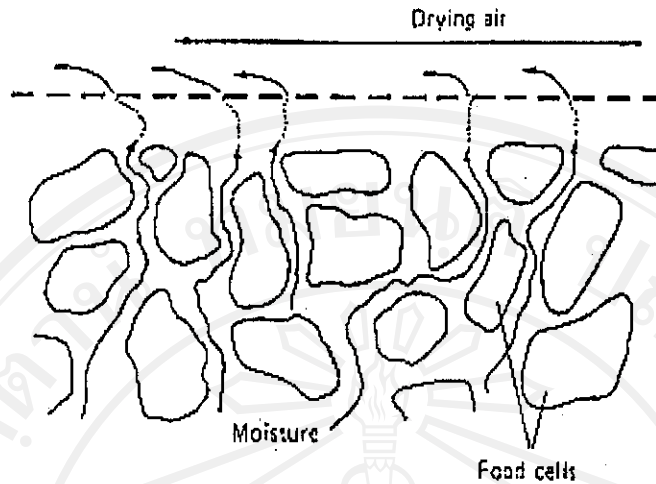
องค์ประกอบ	หน่วย	ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเนื้อ
Amino acids		
Threonine	กรัม	0.128
Isoleucine	กรัม	0.097
Leucine	กรัม	0.202
Lycine	กรัม	0.172
Methionine	กรัม	0.049
Phenylalanine	กรัม	0.112
Tyrosine	กรัม	0.094
Valine	กรัม	0.217
Arginine	กรัม	0.131
Histidine	กรัม	0.045
Alanine	กรัม	0.585
Aspartic acid	กรัม	0.469
Glutamic acid	กรัม	0.780
Glycine	กรัม	0.158
Proline	กรัม	0.158
Serine	กรัม	0.180

ที่มา : USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2003)

2.2 กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่ากัมมันตภาพน้ำ (Water activity; a_w) ต่ำกว่า 0.70 การทำแห้งเป็นการกำจัดความชื้นออกจากอาหาร เพื่อเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ ยืดอายุการเก็บรักษา โดยการลดความชื้นของอาหารลงจนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือปฏิกิริยาอื่นๆ ได้ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเก็บรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางอาหาร (รุ่งนภา, 2535) โดยทั่วไปการทำแห้งของอาหารจะแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะปรับตัวเป็นระยะที่ผิวหน้าของอาหารปรับตัวให้เข้าสู่สมดุลกับสถานะของลมร้อน 2) ระยะอัตราแห้งคงที่ระยะนี้ผิวหน้าของอาหารจะอึดตัวด้วยน้ำ และ 3) ระยะอัตราแห้งลดลง เมื่อความชื้นของอาหารลดลงต่ำกว่าความชื้นวิกฤตอัตราแห้งจะลดลงอย่างช้าๆ จนเกือบเป็นศูนย์ (ไพศาล, 2540) การทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหารเพื่อทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วระเหยออกจากอาหาร ดังรูป 2.1 การใช้เครื่องอบแห้งจะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารของอาหารได้อย่างรวดเร็ว โดยการให้กระแส ลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหาร การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า การพาความร้อน ถ้าใช้พลังงานจากแสงแดดจะเรียกว่า การตากแห้ง แต่ถ้าใช้พลังงานจากไฟฟ้า ก๊าซหรือไอน้ำจะเรียกว่า การอบแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2539)

การทำแห้งมีประโยชน์หลายด้าน เช่น ป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์ เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็น ทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูปลูกหรือแหล่งห่างไกล ลดขนาดและน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษาและขนส่งได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ และความสะดวกในการใช้ (สุคนธ์ชื่น, 2539)

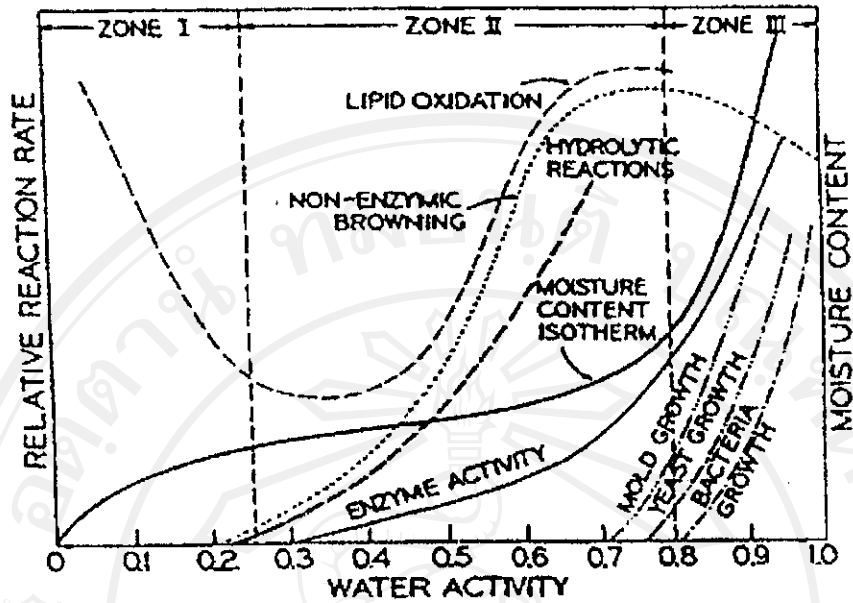


รูป 2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการทำแห้ง
ที่มา : วิไล (2545)

2.2.1 น้ำในอาหาร

ค่ากัมมันตภาพน้ำ หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารเป็นน้ำที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร (bound water) และยังเป็นอิสระ (free water) อยู่ในอาหาร ถ้ามีมากจะทำให้อาหารเก็บไว้ได้ไม่นานหรืออายุการเก็บรักษา (shelf - life) สั้น ถ้าความชื้นของอาหารน้อยกว่าร้อยละ 50 หรือในอาหารแห้ง โดยทั่วไปควรหาค่ากัมมันตภาพน้ำ (a_w) เพื่อให้เห็นความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของอาหารได้ชัดเจนกว่า โดยถ้าค่าความชื้นในอาหารเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยก็จะเห็นความแตกต่างของค่า a_w ทั้งนี้ อาหารที่มีความชื้นสูงหรือมีปริมาณน้ำมากกว่าส่วนที่เป็นของแข็ง จะมีค่า a_w เท่ากับ 1.0 และเมื่ออาหารมีความชื้นต่ำลงหรือมีปริมาณน้ำน้อยกว่าส่วนที่เป็นของแข็ง ค่า a_w จะลดลงต่ำกว่า 1.0

อาหารที่มีค่ากัมมันตภาพน้ำต่ำจะทำให้จุลินทรีย์เจริญช้า และลดปฏิกิริยาของเอนไซม์จึงลดการเกิดสีน้ำตาลและลดการเหม็นหืน ดังนั้นอาหารที่มีค่ากัมมันตภาพน้ำต่ำจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าอาหารที่มีค่ากัมมันตภาพน้ำสูง อาหารที่เก็บรักษาได้นานที่สุดคือ มีค่ากัมมันตภาพน้ำในช่วง 0.2 - 0.4 ดังรูป 2.2 (สุคนธ์ชื่น, 2539)



รูป 2.2 อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอาหารและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผันแปรตามค่า a_w ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
ที่มา : สุกนธ์ชิน (2539)

การจำแนกประเภทของอาหาร โดยใช้ค่ากัมมันตภาพน้ำเป็นเครื่องวัด แบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้ (วิไล, 2545)

1. High Moisture Food (HMF) เป็นอาหารที่มีค่ากัมมันตภาพน้ำมาก อยู่ในช่วง 0.85-1.00 แยกที่เรียส่วนใหญ่เจริญได้
2. Intermediate Moisture Food (IMF) เป็นอาหารที่มีค่ากัมมันตภาพน้ำปานกลาง อยู่ในช่วง 0.65-0.85 ยีสต์และราเจริญได้
3. Low Moisture Food (LMF) เป็นอาหารที่มีค่ากัมมันตภาพน้ำต่ำ อยู่ในช่วง 0.01-0.65 จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้

ตาราง 2.3 ความสำคัญของค่ากัมมันตภาพน้ำต่ออาหาร

a_w	ปรากฏการณ์
0.95	ยับยั้งการเจริญของ <i>Pseudomonas, Bacillus, Clostridium perfringens</i> และยีสต์บางชนิด
0.90	ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการเจริญของแบคทีเรียทั่วไป เช่น <i>Salmonella, Lactobacillus Vibrio paraheamolyticus, Clostridium botulinum</i> รวมทั้งยีสต์และราบางชนิด
0.85	ยีสต์ส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโต
0.80	ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ส่วนใหญ่และการเจริญของเชื้อราส่วนใหญ่ <i>Staphylococcus aureus</i> ถูกยับยั้งการเจริญเติบโต
0.75	ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับแบคทีเรียฮาโลไฟล์ (Halophile)
0.70	ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับเชื้อรา Xerophile ส่วนใหญ่
0.65	อัตราเร็วสูงสุดในการเกิดปฏิกิริยามอลลาร์ด
0.60	ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการเจริญของยีสต์และราประเภท Osmophile หรือ Xerophile
0.55	เกิดความผิดปกติกับกรดคือออกซีโรโบนิวคลีอิก (ขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับสิ่งมีชีวิต)
0.40	อัตราเร็วต่ำสุดในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
0.25	ความต้านทานสูงสุดของสปอร์แบคทีเรีย

ที่มา : วิล (2545)

2.3.2 กลไกการเคลื่อนที่ของของเหลว (น้ำ) ในผลิตภัณฑ์

การเคลื่อนที่ของของเหลว (น้ำ) ในผลิตภัณฑ์มีกลไก ดังนี้ (สุคนธ์รัตน์, 2539)

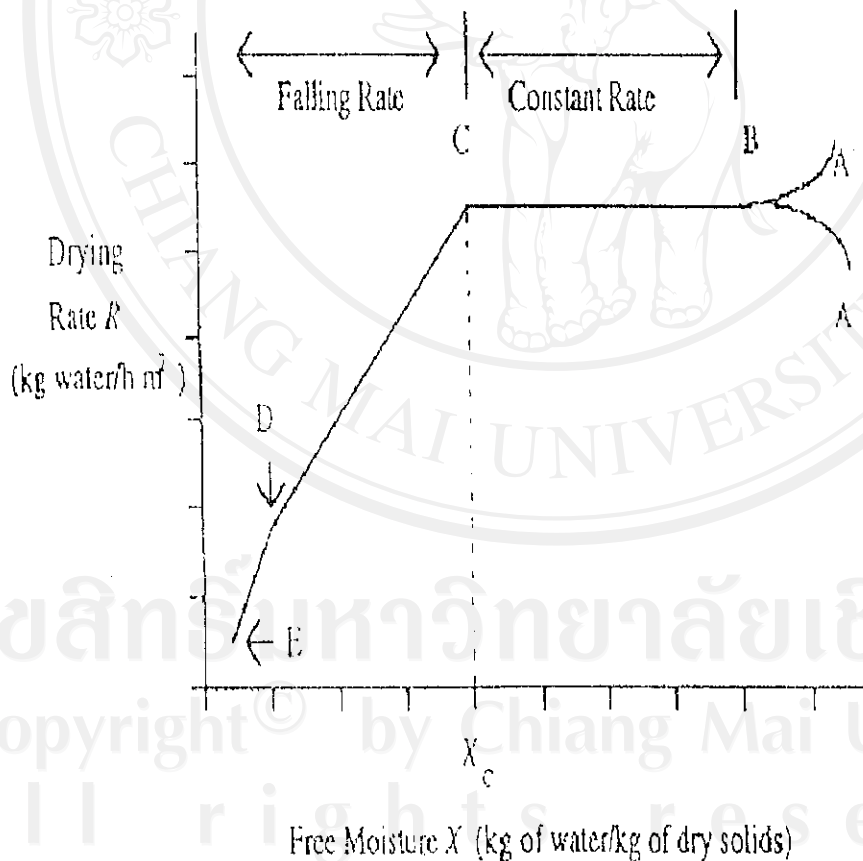
1. การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของของเหลวเนื่องจาก capillary flow ซึ่ง
เป็นผลมาจากแรงตึงผิว (surface force)
2. การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น
ของความชื้น (liquid diffusion)
3. การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของความชื้นบนผิว
ของรูพรุนเล็กๆ (surface diffusion)
4. การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของไอน้ำเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น
ของความชื้น (vapor diffusion)

5. การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของไอน้ำเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (thermal diffusion)

6. การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของของเหลวและไอน้ำเนื่องจากความแตกต่างของความดันรวม (hydrodynamic flow)

2.3.3 กราฟอัตราการทำแห้ง

กราฟอัตราการทำแห้ง ได้จากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการทำแห้ง มีลักษณะโดยทั่วไปดังรูป 2.3 ซึ่งสามารถใช้เวลาในการอบแห้งที่สภาวะเดียวกันได้



รูป 2.3 กราฟอัตราการทำแห้ง

ที่มา : สุคนธ์รัตน์ (2539)

จากรูป 2.3 เส้นกราฟแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังนี้

ช่วง A \rightarrow B หรือ A' \rightarrow B เป็นช่วงของการ warm up ของอุณหภูมิในชั้นผลิตภัณฑ์
 ช่วง B \rightarrow C เรียกว่า ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ (constant rate period) มีลักษณะการถ่ายเท
 ความร้อนและมวลระหว่างผลิตภัณฑ์และอากาศกับการถ่ายเทความร้อนและมวลที่เกิดขึ้นที่
 กระเปาะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งการเคลื่อนที่ของน้ำที่เกิดขึ้นเป็นน้ำพวก unbound water เป็น
 น้ำที่บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการระเหยกลายเป็นไอและเคลื่อนที่ไปกับอากาศร้อน
 การเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นเนื่องจาก hydraulic gradient และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์
 น้อยกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำที่ผิวจะเท่ากับอัตราการ
 ระเหยที่ผิวของผลิตภัณฑ์ และสามารถใช้เป็นค่าอัตราการทำแห้งได้ ปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมการ
 ทำแห้งในช่วงนี้คืออุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราเร็วของอากาศ จุด C เกิดการเปลี่ยนแปลง
 ค่าความชื้น จุดนี้เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (critical moisture content) เกิดจากตอนแรกผลิตภัณฑ์มี
 ความชื้นสูงเมื่อทำแห้งไปเรื่อยๆ ปริมาณความชื้นที่ผิวลดลงจนกระทั่งน้ำที่บริเวณผิวระเหยไปหมด
 และความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่ำลงทำให้อัตราการทำให้แห้งเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถพบการเปลี่ยนแปลง
 เช่นนี้ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน
 ช่วง C \rightarrow D และ D \rightarrow E เรียกว่า ช่วงที่อัตราการทำให้แห้งลดลง (falling rate period)
 การถ่ายเทความร้อนและมวลไม่ได้เกิดที่ผิวของผลิตภัณฑ์ แต่เกิดที่ภายในเนื้อของผลิตภัณฑ์
 การเคลื่อนที่เป็นลักษณะของการแพร่ (diffusion) ของน้ำหรือไอน้ำที่อยู่ใน pore หรือ capillary
 ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ไปที่ผิวของผลิตภัณฑ์จึงเคลื่อนที่ไปกับอากาศร้อนซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่ช้า
 กว่าแบบการพา ทำให้อัตราการทำให้แห้งช่วงนี้ลดลงปัจจัยที่ควบคุมการทำแห้งในช่วงนี้ คือ ความ
 ด้านทานการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำในผลิตภัณฑ์ และในช่วงนี้อุณหภูมิในของผลิตภัณฑ์จะสูงกว่า
 อุณหภูมิกระเปาะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ จากกราฟเห็นว่ามีช่วงอัตราการทำให้แห้งลดลง 2 ช่วง
 เนื่องจากช่วง C \rightarrow D ยังคงมีความชื้นอยู่ที่ผิวหลงเหลืออยู่บ้างเล็กน้อย แต่ที่จุด D ความชื้นที่ผิว
 ระเหยไปหมดทำให้ผิวหน้าแห้งสนิท อัตราการระเหยจึงช้าลงไปอีก

2.3.4 ปริมาณความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture)

ปริมาณความชื้นสมดุล คือ ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ความดันไอสมดุลกับสิ่งแวดล้อมในกระบวนการทำแห้งปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์คือค่าความชื้นสมดุลสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการทำแห้ง ซึ่งค่าของปริมาณความชื้นสมดุลขึ้นกับ โครงสร้างของอาหารและลักษณะของน้ำที่เกาะกับ โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (สุคนธ์ชื่น, 2539)

2.3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งอาหาร มีดังนี้ (สุคนธ์ชื่น, 2539)

1. **ธรรมชาติของอาหาร** อาหารที่มีลักษณะเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบเร็วกว่าการแพร่ในอาหารที่มีลักษณะเนื้อแน่น จึงแห้งเร็วกว่า อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเกิดขบวนการเคลื่อนที่ของน้ำทำให้การทำแห้งช้า และอาหารที่มีการลวก นวด คลึง จะทำให้เซลล์แตกและแห้งได้เร็วขึ้น
2. **ขนาดและรูปร่าง** มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น อาหารที่มีรูปร่างเหมือนกัน ถ้ามีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ด้วย ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกันการระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าๆ ที่พื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมีมาก
3. **ตำแหน่งของอาหารในเครื่องอบแห้ง** อาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีหรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำอมระเหยได้ดีกว่า
4. **ปริมาณอาหารต่อถาด** มากเกินไป อาหารส่วนล่างจะไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรืออาจได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้ จึงแห้งช้า
5. **ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน** อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะรับไอน้ำได้น้อยกว่าอากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่น้อย
6. **อุณหภูมิของอากาศร้อน** ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้กระจายของน้ำในอาหารดีขึ้นด้วย

7. ความเร็วของอากาศร้อน อากาศร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออก ดังนั้นเมื่อความเร็วอากาศร้อนเพิ่มขึ้นการเคลื่อนย้ายไอน้ำก็จะเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเครื่องอบแห้งอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดี การเคลื่อนย้ายไอน้ำเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตร/นาทึ

2.3.6 ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้งในด้านต่างๆ

การอบแห้งมีผลต่ออาหารอบแห้งในด้านต่างๆ ดังนี้ (กุลยา, 2540)

1. คุณค่าอาหาร การอบแห้งจะระเหยความชื้นหรือน้ำออกจากอาหาร และเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ง ไขมัน โปรตีน การถนอมอาหารโดยวิธีอบแห้งจะทำให้คุณภาพลดลงโดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และถ้ามีการลวกหรือแช่สารเคมีก่อนการอบแห้งเพื่อหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์วิตามินจะลดลงอีก การอบแห้งโดยการตากแดดวิตามินจะลดลงมากกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งโดยวิธีการตากแดดต่างจากการใช้เครื่องอบแห้งคือไม่สามารถควบคุมความชื้นอากาศ แสงแดด อุณหภูมิ ได้

2. โปรตีน จะเสียคุณค่าไปมากหรือน้อยเพียงขึ้นกับวิธีการอบแห้งอาหาร ถ้าใช้เวลานานเกินไปและอุณหภูมิสูง โปรตีนจะเปลี่ยนแปลงสภาพและคุณค่าทางโภชนาการจะลดลง แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำทำให้อาหารแห้งโปรตีนจะใช้ทำประโยชน์ได้มากกว่าแต่จะขึ้นอยู่กัขนิคของ โปรตีน ด้วย

3. คาร์โบไฮเดรต การเปลี่ยนสีของผลไม้ตากแห้งเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) เกิดโดยกรดอะมิโนในผลไม้รวมกับน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ทำให้เกิดสีน้ำตาลป้องกัน โดยการใช้สารเคมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) หรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์

4. ไขมัน อุณหภูมิในการอบแห้งสูงจะทำให้อาหารที่อบแห้งเหม็นหืน ดังนั้นจึงควรใช้อุณหภูมิต่ำ หรือใช้สารกันหืน (antioxidants) ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น BHT (Butylated hydroxy toluene)

5. เอนไซม์ จะหยุดกิจกรรม เมื่อใช้ความร้อนถึง 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนในการอบแห้ง ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะทนทาน ดังนั้นการอบแห้งจึงต้องลวกน้ำร้อนหรือใช้สารเคมีเพื่อหยุดยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ก่อนที่จะนำไปอบ

6. จุลินทรีย์ เป็นสาเหตุของการทำให้อาหารเสียหายหรือเน่า การลดความชื้นในอาหารให้เหลือน้อยที่สุดก็จะทำให้อาหารไม่เสียหายและเก็บไว้ได้นาน ถ้าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 12 เชื้อราจะเจริญได้ ส่วนแบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีถ้าความชื้นสูงกว่าร้อยละ 30 การอบแห้งนิยมใส่เกลือแกงลงในอาหารที่จะอบแห้งเพื่อควบคุมจุลินทรีย์ เมื่ออบแห้งแล้วต้องเก็บใส่หีบห่อให้ดี ไม่เก็บในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตเร็ว

7. เม็ดสีในอาหาร อาหารอบแห้งจะมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีเปลี่ยนแปลง สีของอาหารจะเปลี่ยนแปลง เม็ดสีพวกแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) จะซีดจางลงถ้าใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาานาน หรือใช้สารเคมีบางชนิดในการอบแห้งเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ เช่น รมควันด้วยกำมะถัน จะฟอกสีอาหารให้จางลง ดังนั้น พวกผักและผลไม้จึงมีการ fixed สีก่อนอบแห้ง โดยการลวกน้ำร้อนหรือแช่สารเคมี เช่น สารละลายด่างอ่อนจะทำให้สีผักผลไม้ไม่ซีดจางลงหรือเป็นสีน้ำตาล แต่อาจจะทำให้อาหารแข็งกระด้างขึ้น

2.3 เครื่องอบแห้งแบบถาด

เครื่องอบแห้งถูกพัฒนาขึ้นมาใช้เนื่องจากการตากแห้งมีข้อด้อยหลายด้าน เช่น พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิที่ไม่สูงนักและกระแสลมธรรมชาติไม่แรงพอ ทำให้ใช้เวลานาน ใช้พื้นที่มากและมักทำในที่เปิดโล่ง ซึ่งทำให้มีโอกาสปนเปื้อน (Potter และ Hotchkiss, 1995)

เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) เป็นเครื่องมือทำแห้งลมร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งทำงานที่ความดันบรรยากาศ ลักษณะของเครื่องมือจะเป็นตู้รูปทรงแปดเหลี่ยม มีถาดสำหรับใส่อาหารเรียงเป็นชั้นอยู่ภายใน ลมร้อนจะถูกบังคับให้หมุนเวียนโดยพัดลม การหมุนเวียนของอากาศจะเป็นในแนวนอนขนานกับถาดใส่อาหารหรือในแนวตั้งผ่านทะลุใส่อาหาร ความเร็วของลมร้อนที่นิยมใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวนอนคือ 2-5 เมตร/วินาที ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งนิยมใช้ปริมาณอากาศร้อน 0.5-1.25 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ต่อตารางเมตรของพื้นที่หน้าตัดของถาด แหล่งความร้อนอาจใช้การเผาไหม้ของก๊าซ ใช้น้ำหรือจากขดลวดให้ความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งถูกควบคุมให้อยู่ระหว่าง 50-70 องศาเซลเซียส ถ้าหากอุณหภูมิสูงเกิน 70 องศาเซลเซียส อาหารจะแห้งเร็วเกินไปและมีสีคล้ำ เครื่องมือนี้เสียค่าใช้จ่ายในการสร้างและการบำรุงรักษาต่ำและมีความยืดหยุ่นของการใช้งานสูง จึงนิยมใช้ในกระบวนการผลิตขนาดเล็กหรือในโรงงานขนาดเล็ก เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นการอบที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้สำหรับพาความชื้นออกจากอาหารค่อนข้างสูง ดังนั้นคุณสมบัติของวัตถุดิบที่เหมาะสม

จึงควรเป็นประเภทที่ไม่ไวต่อความร้อนและเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย ราคาไม่แพง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าการตลาด (สมบัติ, 2544)

2.4 ผลไม้แห้ง

ผลไม้แห้ง หมายถึง ผลไม้ที่ผ่านการนำผลไม้มาผ่านกรรมวิธีตามความเหมาะสม (ไม่รวมหมักดอง) แล้วนำมาลดความชื้นตามต้องการ โดยกรรมวิธีตามธรรมชาติหรือใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม ไม่รวมวิธีการทำให้แห้งโดยวิธีเยือกแข็ง (freeze dried) โดยจะมีการปรุงแต่งรสหวานด้วยน้ำตาลหรือไม่ก็ได้ ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 18 (มอกผลไม้แห้ง, 2532)

2.4.1 ชนิดของลำไยอบแห้ง

ลำไยอบแห้งสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้ (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

1. การอบแห้งเปลือก เป็นการอบผลลำไยสด มีความนิยมสูงเพราะดำเนินการได้ง่าย รวดเร็ว และจำนวนมาก ทำโดยการคัดเกรดลำไยเข้าเตาอบ ใช้เวลาอบ 40-50 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุถุงพลาสติกและกล่อง เก็บรักษาไว้ได้นาน สามารถส่งออกหรือเก็บไว้บริโภคได้ตลอดปี มีแนวโน้มในการผลิตและส่งออกที่สูงมาก โดยเฉพาะประเทศจีนและประเทศในแถบเอเชีย

2. การอบเนื้อ เป็นการอบลำไยเฉพาะเนื้อล้วน ทำโดยคว้านเนื้อออกจากเปลือกและเมล็ด การดำเนินการใช้แรงงานในการดำเนินการมาก ค่าใช้จ่ายสูง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะดีมากน่ารับประทานและตลาดภายในประเทศต้องการ

2.4.2 มาตรฐานลำไยอบแห้ง

มาตรฐานลำไยอบแห้งของประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (บริษัท ลองแกน จำกัด, 2546)

2.4.2.1 มาตรฐานลำไยอบแห้งทั้งเปลือก

การกำหนดเกณฑ์ด้านปริมาณและคุณภาพมีดังนี้
ด้านปริมาณ โดยพิจารณาจากขนาด ซึ่งขนาดของลำไยอบแห้งทั้งเปลือกแบ่งออกเป็น 4 เกรด คือ

- เกรด AA ลำไยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตรขึ้นไป
- เกรด A ลำไยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22-24 มิลลิเมตร
- เกรด B ลำไยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19-21 มิลลิเมตร
- เกรด C ลำไยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร

ด้านคุณภาพของลำไยอบแห้งทั้งเปลือกจะพิจารณาจากหลายปัจจัย ได้แก่

- ไม่น้ำ ไม่มีเชื้อรา หรือแมลงเจาะทำลาย
- ถ้าต้องการรักษาไว้ได้นาน ไม่มีมอดหรือเชื้อราทำลาย ควรใช้ลำไยสดที่มีजूและ

ก้านที่ติดผลอยู่

- ถ้าต้องการให้เปลือกของลำไยมีสีเหลืองควรใช้เฉพาะพันธุ์อู่คองในการเป็น

วัตถุดิบอบแห้ง

2.4.2.2 มาตรฐานลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อลำไย

ด้านปริมาณโดยพิจารณาจากขนาดซึ่งขนาดของลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อแบ่งออกเป็น 4 เกรด คือ

- เกรด A มีเนื้อสีทองเป็นผลชัดเจน ขนาดผลสม่ำเสมอ
- เกรดละมีเนื้อสีน้ำตาลทอง ขนาดผลไม่สม่ำเสมอ
- เกรดคมีเนื้อเป็นสีน้ำตาลแดง นิยมเก็บไว้ทำน้ำลำไย หรือส่วนผสมของยาจีน
- เกรดรวมมีเนื้อเป็นสีน้ำตาลดำ มีสิ่งเจือปนมาก

ด้านคุณภาพของลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อจะพิจารณาจากหลายปัจจัย ได้แก่

- เนื้อลำไยมีลักษณะเป็นजूกลม ไม่มีजूเมสติดคอกอยู่ที่เนื้อ ผลสม่ำเสมอ
- มีสีเหลืองทอง มีกลิ่นหอมของลำไย ไม่มีกลิ่นควันหรือกลิ่นเหม็นไหม้
- รสชาติหวาน ไม่ขม
- ไม่มีเปลือกติด หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ
- เนื้อลำไยแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 18

2.5 วัตถุเจือปนอาหาร

ความหมายของวัตถุเจือปนอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (2527) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 119 (2532) และตามคณะกรรมการพิจารณาร่างมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission, CAC) มีดังนี้ (ศิวาพร, 2546)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (2527) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 119 (2532) ได้ให้คำจำกัดความของวัตถุเจือปนอาหารไว้ว่า “วัตถุเจือปนอาหาร หมายถึง วัตถุที่ปกติมิได้ใช้เป็นอาหาร หรือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร ไม่ว่าวัตถุนั้นจะมีคุณค่าทางอาหารหรือไม่ก็ตาม แต่ใช้เจือปนในอาหาร เพื่อประโยชน์ทางเทคโนโลยีในการผลิต การบรรจุ การเก็บรักษา หรือการขนส่ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพหรือมาตรฐาน หรือลักษณะของอาหาร และให้ความหมายรวมถึงวัตถุที่มีได้เจือปนอาหาร แต่ใช้รวมอยู่กับอาหาร เพื่อประโยชน์ดังกล่าวข้างต้นด้วย”

ตามคณะกรรมการพิจารณาว่ามาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission, CAC) กำหนดไว้ว่า “วัตถุเจือปนอาหาร หมายถึง สารซึ่งปกติมิได้ใช้ บริโภคเป็นอาหาร หรือใช้เป็นส่วนประกอบหลักของอาหาร อาจมีคุณค่าทางอาหารหรือไม่มีคุณค่าทางอาหารก็ได้ และวัตถุประสงค์ในการใช้สารนั้นในอาหารก็เพื่อประโยชน์ในด้านเกี่ยวกับเทคนิคในการแปรรูป การเตรียมวัตถุดิบ การบรรจุ การขนส่ง และอายุการเก็บของอาหารนั้น และมีผลหรืออาจมีผลทางตรงหรือทางอ้อม ทำให้สารนั้นหรือผลิตภัณฑ์ของสารนั้น กลายเป็นส่วนประกอบของอาหารนั้น หรือมีผลต่อคุณลักษณะของอาหารนั้น แต่ไม่ได้รวมถึง สารปนเปื้อน หรือสารที่เติมลงไป เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของอาหาร”

2.5.1 กรดซิตริก

กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ที่พบมากตามธรรมชาติในพืชและสัตว์ ในมนุษย์จะมีการสร้างกรดซิตริก ในระหว่างการเมตาโบไลต์คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ส่วนในพืชจะพบกรดซิตริกมาก เช่น พืชตระกูลส้มพบประมาณร้อยละ 4-8 มะนาวร้อยละ 1.2-2.1 เกรฟฟรุตร้อยละ 0.9-1.2 ส้มเขียวหวานร้อยละ 0.6-1.0 (Bouchard และ Merrett, 1979) นอกจากนี้ก็มีการพบในพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น สับปะรด สตอเบอร์รี่ และมะม่วง กรดซิตริกมีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่นๆ คือละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพสูง จึงมีการนิยมใช้กรดซิตริกและเกลือของกรดซิตริก ในอุตสาหกรรมอาหารกันมาก ซึ่งช่วยให้อาหารมีกลิ่นรสและความเป็นกรด-ด่างที่พอเหมาะเป็นวัตถุดิบเสีย ช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ช่วยให้สีกลิ่นและรสของเครื่องดื่มมีความคงตัวดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ากรดซิตริกเป็นสารเสริมฤทธิ์วัตถุดิบหั่นที่มีประสิทธิภาพดีมาก สามารถช่วยชะลอการเกิดการหืนของอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบและป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นรสในผลไม้กระป๋องและปลากระป๋อง (Gardner, 1972)

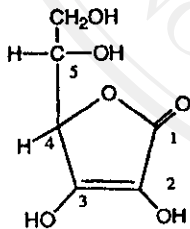
2.5.2 กรดแอสคอร์บิกและเกลือของอนุพันธ์

กรดแอสคอร์บิกเป็นกรดที่พบทั่วไปในพืช โดยเฉพาะพืชตระกูลส้ม มีลักษณะเป็นผลึกละลายน้ำได้ดี แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ที่มีประสิทธิภาพดีมากเมื่ออยู่ในรูปของเหลว ในสภาวะที่มีอากาศและแสงจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็ว และปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นถ้ามีค่า pH สูง และทองแดงเป็นตัวเร่ง แต่เมื่ออยู่ในรูปเกลือโซเดียมจะมีความคงตัวมากกว่า ในอาหารได้มีการใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นวัตถุดิบเสีย และวัตถุดิบหั่น เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกจะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของอาหารลดลงทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

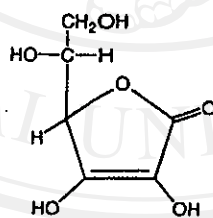
กรณีที่มีการใช้วัตถุกันเสียในอาหารกรดแอสคอร์บิกจะไปช่วยเสริมฤทธิ์ของวัตถุกันเสีย โดยเฉพาะวัตถุกันเสียชนิดที่เป็นกรด เนื่องจากเมื่อความเป็นกรด-ด่างของอาหารลดลง วัตถุกันเสียที่ใช้จะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว จึงทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และจากการที่กรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่จะเกิดในอาหารได้ นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกยังเป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพดี ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับวัตถุกันเสีย เช่น บีเอชเอ (BHA) และบีเอชที (BHT) โดยจะช่วยเสริมฤทธิ์ของวัตถุกันเสียดังกล่าว ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดในอาหารเกิดช้าลงได้ โซเดียมอริทอร์เบตเป็นเกลือของอนุพันธ์กรดแอสคอร์บิกซึ่งมีสมบัติในการเป็นรีดิวซิงเอเจนต์เช่นเดียวกับกรดแอสคอร์บิก

2.5.3 แคลเซียมคลอไรด์

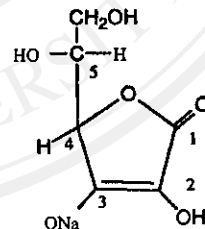
เป็นสารที่ช่วยให้เนื้อเยื่อของผักและผลไม้คงตัว (Firming agent) ที่นิยมใช้ ซึ่งสารประกอบนี้เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้อนุผลแคลเซียม และเมื่อทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพกติกจะเกิดเป็นเกลือเพกเตท ซึ่งทำให้โครงสร้างของเซลล์แข็งแรงขึ้นและทนต่อความร้อนได้มากยิ่งขึ้น การใช้สารประกอบแคลเซียมในผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ นั้น กฎหมายอนุญาตให้ปริมาณสูงสุดของแคลเซียมไม่เกิน 800 ppm. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ส่วนผลไม้แช่อิ่มจะมีแคลเซียมได้ไม่เกิน 250 ppm.



(ก)

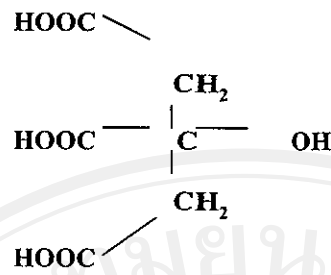


(ข)



(ค)

รูป 2.4 (ก) สูตรโครงสร้างของกรดแอสคอร์บิก (ข) สูตรโครงสร้างของไอโซแอสคอร์บิก (อริทอร์บิก) (ค) สูตรโครงสร้างของโซเดียมอริทอร์เบต



รูป 2.5 สูตรโครงสร้างของกรดซิตริก

2.5.4 ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนในอาหาร

การใช้วัตถุเจือปนในอาหารมีข้อกำหนด ดังนี้ (JETRO, 1997)

2.5.4.1. วัตถุเจือปนในอาหารที่มีข้อกำหนดในการใช้

ชนิดสาร	อาหารที่อนุญาตให้ใช้	ปริมาณสูงสุด	ข้อจำกัดการใช้	หมายเหตุ
Antioxidant	-	-	ในกรณีที่ใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันในอาหารต่างๆ	-
Sodium Erythorbate	-	-	ยกเว้น fish-paste (ไม่รวม Surimi) และขนมปัง	-
Dietary supplement	-	-	-	-
Calcium Chloride	-	ไม่เกินร้อยละ 1.0 (ยกเว้นอาหารที่อยู่ในการควบคุมของกฎหมายทางโภชนาการ)	ในกรณีที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิต หรือ จุดประสงค์ทางโภชนาการ	เพื่อทำให้ Tufu จับตัวกันเป็นก้อน

2.5.4.2. วัตถุดิบในอาหารที่ไม่มีข้อกำหนดในการใช้

กรณีที่เป็นสารต้านออกซิเดชันและวิตามิน (Antioxidant and Vitamin) นั้นกรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริกไม่มีข้อกำหนดในการใช้

2.6 ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร

ปฏิบัติการการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในอาหารและผลิตภัณฑ์ระหว่างการแปรรูปและระหว่างการเก็บรักษาอาหารมี 2 แบบ คือ (นิธิยา, 2544)

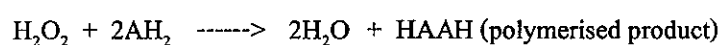
1. ปฏิบัติการการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction)
2. ปฏิบัติการการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction)

2.6.1 ปฏิบัติการการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction)

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์นับเป็นปัญหาสำคัญในการแปรรูปผลไม้ และผักหลายชนิด โดยทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนี้ยังทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลงด้วยการเกิดสีน้ำตาลเกิดจากเซลล์เนื้อเยื่อผลไม้ถูกทำลายทางกล เช่น การปอกเปลือก หรือการหั่นชิ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืช กับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase; POD) และโพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) (นิธิยา, 2544)

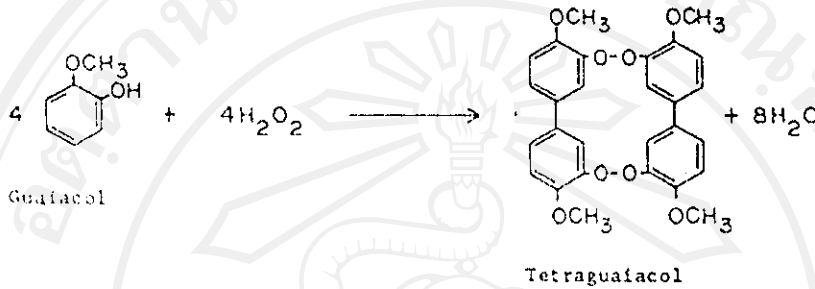
2.6.1.1 เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase ; POD)

เอนไซม์นี้มีชื่อตามระบบ คือ doner : hydrogen-peroxide oxidoreductase; EC 1.11.1.7 จัดเป็นเอนไซม์ที่อยู่ในกลุ่มของเอนไซม์ออกซิโดรีดักเตส (oxidoreductase) เป็นเอนไซม์ที่มีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างของโมเลกุล สามารถออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลในสภาพที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เอนไซม์นี้สามารถกระตุ้นให้กลับทำงานได้อีก (reactivate) ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลให้ผลไม้มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ (Alice and Whitaker, 1974) และ กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสยังเพิ่มขึ้นในระหว่างการสุกของผลไม้ (Haard, 1973) กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสามารถเป็นตัวชี้บ่งการสุกและการเสื่อมสภาพของผลไม้ได้ (Gorin and Heiderma, 1976) มีลักษณะปฏิกิริยาหลัก คือ Peroxidatic reaction (ปราณี, 2543) ดังนี้



ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาหลักของเปอร์ออกซิเดสใน *in vitro* ที่มีสารเริ่มต้น (substrate) เป็นสารประกอบฟีนอล (A) เช่น *p*-cresol, guaiacol, resocinol และ aniline เป็นต้น

ตัวอย่างของปฏิกิริยาการออกซิไดส์สาร guaiacol ซึ่งเป็นตัวให้ไฮโดรเจน ในขณะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อสารทำปฏิกิริยากับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส จะได้ผลิตภัณฑ์คือ tetraguaiacol ซึ่งมีสีน้ำตาล ดังรูปที่ 2.6



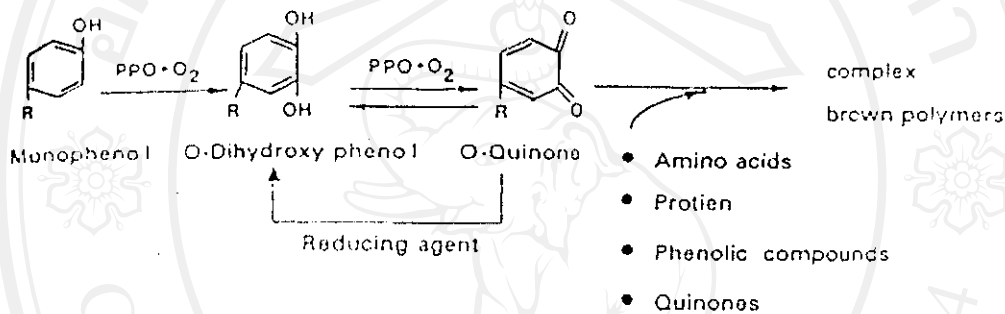
รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการออกซิไดส์สารกัวอะคอลของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในสภาพที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
ที่มา : ปราณี (2543)

2.5.1.2 เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO)

เอนไซม์นี้มีชื่อตามระบบ คือ *o*-diphenol oxygen oxidoreductase ; EC 1.10.3.1 เป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่มีโมเลกุลค่อนข้างใหญ่ และมีชื่อสามัญต่างๆ กัน เช่น ไทโรซิเนส (tyrosinase), โพลีฟีนอลเลส (polyphenolase), ฟีนอลเลส (phenolase), แคทีคอล ออกซิเดส (catechol oxidase), ครีโซเลส (cresolase) และแคทีคอลเลส (catecholase) เป็นต้น (ปราณี, 2543) เป็นเอนไซม์ที่มีโลหะทองแดงเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างของโมเลกุล (Martinez and Whitaker, 1995)

โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) ที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อผลไม้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) โดยสารประกอบโมโนฟีนอล (monophenolic) จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ในภาวะที่มีออกซิเจนได้เป็น ออร์โท-ไดฟีนอล (*o*-diphenol) และจะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นออร์โท-ควิโนน (*o*-quinone) ซึ่งสารออร์โท-ควิโนนจะมีความไวในการเกิดการรวมเป็นโมเลกุล (polymerization)

กับสารต่างๆ ได้เป็นสารโพลีเมอร์ที่มีสีน้ำตาลและมีโครงสร้างซับซ้อน (Mayer and Harel, 1979) แสดงดังรูปที่ 2.6 ส่วนสารประกอบฟีนอลที่ถูกออกซิไดส์โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ได้แก่ แคเทชิน (catechins), เอสเทอร์ของกรดซินนามิก แอซิด เอสเทอร์ (cinnamic acid esters) 3,4-ไฮดรอกซีฟีนิลอะลานีน (3,4-hydroxyphenylalanine; DOPA) และไทโรซีน (tyrosine) ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสอยู่ในช่วง 5-7 เอนไซม์นี้ไม่คงตัวถูกทำลายได้โดยความร้อน และถูกยับยั้งได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริก กรดฟีนอลิก ซัลไฟต์ คีเลติงเอเจนต์ (chelating agents) และ รีดิวซิงเอเจนต์ (นิธิยา, 2544)



รูปที่ 2.7 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ที่มา : McEvily *et al.* (1992)

เอนไซม์ PPO ในลำไยจะมีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 และความคงตัวของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0-7.0 โดยความคงตัวจะลดลงเมื่อมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0-8.0 อุณหภูมิที่ทำให้เอนไซม์มีความคงตัวมากที่สุด คือ 35 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาน้อยกว่า 20 นาทีที่จะทำให้เอนไซม์สูญเสียความสามารถถึงร้อยละ 50 ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ PPO ในลำไย คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5 และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (Yue-Ming, 1999)

2.6.3 วิธียับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์

1. การลวก เนื่องจากเอนไซม์ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน ดังนั้นการลวกจึงสามารถทำลายเอนไซม์ได้ แต่วิธีนี้ไม่นิยมนำมาใช้กับผลไม้ที่จะนำมาบริโภคในสภาพสด เพราะมีผลทำให้เนื้อเยื่อผลไม้มีลักษณะนิ่มลง วิธีนี้เหมาะสำหรับผลไม้ที่ต้องการนำไปแปรรูป ตัวอย่างเช่น ลวกเนื้อมะม่วงสุกโดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ร้อยละ 50 และสามารถยับยั้ง กิจกรรมของเอนไซม์ได้มากกว่าร้อยละ 90 เมื่อเพิ่มเวลาการลวกเป็น 5 นาที (Arogba, 2000) การให้ความร้อนแก่ถั่วเขียวที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ และที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 วินาที สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ร้อยละ 6 และการให้ความร้อนแก่เนื้อมะม่วงสุกผ่านครึ่งผลที่อุณหภูมิ 85 - 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 90 วินาที สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้มากกว่าร้อยละ 50 (รุจิภรณ์, 2546)

2. การแช่น้ำเชื่อมหรือน้ำตาล น้ำเชื่อมหรือน้ำตาลสามารถใช้เป็นตัวป้องกันไม่ให้ก๊าซออกซิเจนแพร่เข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลได้ นอกจากนี้ น้ำเชื่อมยังมีผลดีต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสของผลไม้แช่เยือกแข็ง เพราะน้ำตาลจะทำให้ผลไม้มีรสหวานเพิ่มขึ้น รักษาการเปลี่ยนแปลงของรสชาติและทำให้เนื้อสัมผัสแน่นขึ้น เช่น การเติมน้ำตาลทรายลงในสตรอเบอร์รี่ก่อนการแช่เยือกแข็ง แล้วเก็บรักษาที่ - 15 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ (Wrolstad *et al.*, 1990)

3. การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสอยู่ระหว่าง 5 - 7 ดังนั้นการปรับค่าพีเอชโดยใช้กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดฟูมาริกเท่ากับ 4 หรือต่ำกว่า ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ จึงสามารถลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในน้ำผลไม้และผลไม้ชนิดต่างๆ ได้ (Martinez and Whitaker, 1995)

4. สารประกอบซัลไฟด์ มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล สารประกอบซัลไฟด์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟด์ โซเดียมหรือโพแทสเซียมไบซัลไฟด์และเมตาไบซัลไฟด์ สารเหล่านี้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งจากเอนไซม์และไม่เอนไซม์ ควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ เป็นสารฟอกสี และเป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (Saper and Hicks, 1989) โดยสารเหล่านี้จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

โพลิฟีนอลออกซิเดส อย่างไรก็ตาม FDA (Food and Drug Administration) รายงานว่าการบริโภคอาหารที่มีสารประกอบซัลไฟต์จะก่อให้เกิดการแพ้อย่างรุนแรง จึงได้จำกัดการใช้ซัลไฟต์ในผักและผลไม้ โดยต้องปิดฉลากบอกปริมาณสารประกอบซัลไฟต์ที่มีอยู่หากมีปริมาณมากกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ขึ้นไป

5. กรดแอสคอร์บิก เป็นสารที่นำมาใช้แทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ดีที่สุดไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ ราคาไม่แพงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารโพลิฟีนอลได้

6. กรดซิตริก เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกมีราคาแพง จึงมีการนำกรดชนิดอื่นมาทดแทน เช่น กรดซิตริกเป็นกรดที่พบได้ในผลไม้ทั่วไป ใช้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ โดยกรดซิตริกทำหน้าที่เป็นคีเลติงเอเจนต์ (chelating agent) ในการจับกับโลหะทองแดงซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส และลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ทำให้ไม่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ซึ่งมีผลทำให้เอนไซม์ทำงานได้ช้าลง (Martinez and Whitaker, 1995)

7. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เป็นสารที่นำมาใช้กับผักและผลไม้โดยจะจับกับเพกทินทำให้โครงสร้างเนื้อเยื่อภายในแน่น ทำให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น และใช้ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ส่วนใหญ่นิยมใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 0.5 – 2.0

8. สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอื่นๆ เช่น สารประกอบอนินทรีย์จำพวกเฮไลด์ สามารถยับยั้งเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสได้ เช่น โซเดียมคลอไรด์ ซิงค์คลอไรด์เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ กรดแอสคอร์บิก และ กรดซิตริก (PMP Fermentation Products, Inc, 1999) มีการใช้ Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) ยับยั้งการออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก และลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในน้ำอุ่น (Kanner and Shapira, 1989)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Castaner *et al.* (1996) ทำการแช่ผักกาดหอมหั่นชิ้นในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่าสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมหั่นชิ้นได้ Jiang and Fu (1998) พบว่าการใช้สารละลายกรดซิตริก 100 มิลลิโมลต่อลิตร สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในผลลิ้นจี่ได้ร้อยละ 80 และนอกจากนั้นพบว่าการใช้สารละลายผสมของกลูตาไทโอน 10 มิลลิโมลต่อลิตรและกรดซิตริก 100 มิลลิโมลต่อลิตร จะให้ผลดีกว่าการใช้กลูตาไทโอนหรือกรดซิตริกเพียงอย่างเดียว ส่วน Onigbinde and Ojeabulu (1999) พบว่าการใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ สามารถลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในถั่ว *V. unguiculata* ได้

Burnette (1977) พบว่าใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นระหว่าง 0.18 - 1.4 โมลาร์ สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในกล้วย และ Ronsen and Kader (1989) ได้ทำการแช่ลูกแพร์หั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 จากนั้นเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ได้ ส่วน Kukura *et al.* (1998) ได้แช่เห็ด *Agaricua bisporus* ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 พบว่าช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในเห็ด *Agaricua bisporus* ได้

Saper and Ziolkowski (1987) ทำการแช่เนื้อแอปเปิลในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 0.8-1.6 นาน 90 นาที พบว่าช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อแอปเปิลให้ช้าลงได้ Lee-Kim *et al.* (1997) ได้แช่รากของหญ้า Burdock ในกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 1.0 พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ถึงร้อยละ 90 ส่วน Hwang *et al.* (2001) ทำการแช่มันฝรั่งตัดชิ้นในสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.5 และ กรดซิตริกร้อยละ 0.5 พบว่าสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งตัดชิ้นได้

Luo *et al.* (1995) ศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิลหั่นชิ้นโดยแช่ในสารละลายผสมของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลร้อยละ 0.01 กรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.5 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 เป็นเวลา 5 นาที ร่วมกับการบรรจุแบบ partial vacuum (20 inch Hg vacuum) และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าสามารถเก็บรักษาแอปเปิลไว้ได้นาน 50 วันโดยไม่เกิดสีน้ำตาล ในทำนองเดียวกันกับ Waqer *et al.* (1997) ได้แช่มะเขือเทศหั่นชิ้นในสารละลาย 3 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ร้อยละ 2.0 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.0 ก่อนนำไปอบแล้ววัดการสูญเสียแคโรทีนอยด์และการเกิดสีน้ำตาล พบว่าการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 เพิ่มการสูญเสียแคโรทีนอยด์หลังจากเก็บ 30 วันจนถึง 90 วัน ขณะที่การแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ร้อยละ 2.0 สามารถลดการสูญเสียแคโรทีนอยด์

ส่วนการแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.0 ไม่มีผลต่อการสูญเสียแคโรทีนอยด์ในทางตรงกันข้ามการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างสมบูรณ์ หลังจากเก็บรักษาไว้เวลา 90 วัน ส่วนการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้เล็กน้อย และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ไม่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ ส่วน Supers *et al.* (1998) ได้ศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกแพร์หั่นชิ้น โดยจุ่มในสารละลายผสมของโซเดียมอริทอร์เบทร้อยละ 4 แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 4-เฮกซิลเรโซซินอล 0.001 โมลาร์ ไอโซแอสคอร์บิก 0.5 โมลาร์ และเอน-อะซีติลซีสเตอีน 0.025 โมลาร์ พบว่าสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้นาน 5 สัปดาห์ ที่ 5 องศาเซลเซียส และไม่มีการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ในส่วนของ Onigbinde and Ojeabulu (1999) พบว่าการใช้สารละลายผสมของโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลในถั่ว *V. unguiculata* ได้ Ozoglu and Bayindirli (2001) พบว่าการใช้สารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิก 0.49 มิลลิโมลาร์ ซีสเทอีน 0.42 มิลลิโมลาร์ และกรดซึนนามิก 0.05 มิลลิโมลาร์ สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ และ Monica *et al.* (2003) พบว่าการใช้สารละลายผสมแคลเซียมคลอไรด์ 250 กรัมต่อลิตร และกรดซิตริก 1 กรัมต่อลิตรสามารถลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมได้อย่างมีประสิทธิภาพ Natakita *et al.* (2003) พบว่าการลวกเนื้อลำไยในน้ำเดือด 2 นาที ก่อนนำไปอบแห้งจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ได้ดีที่สุดแต่จะให้สีของผลิตภัณฑ์เป็นสีน้ำตาล ส่วนการแช่เนื้อลำไยในกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.3 จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสดีที่สุด เมื่อเทียบกับกรดซิตริกร้อยละ 0.3 และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ร้อยละ 0.2 แต่สีของผลิตภัณฑ์ที่แช่ในกรดแอสคอร์บิกจะมีสีน้ำตาลแดงในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่แช่ในกรดซิตริกและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์จะมีสีน้ำตาลอมเหลือง และ Rak *et al.* (2003) ได้ทำการทดลองโดยอบกล้วยสุกที่ผ่านการลวก แช่เย็น แช่แข็ง และลวกแล้วแช่แข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่ความเร็วลม 3.1 เมตร/วินาที จนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง พบว่ากล้วยที่ผ่านการลวกแล้วแช่แข็ง และที่แช่แข็งเพียงอย่างเดียว ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด ส่วนกล้วยที่ผ่านการลวกจะให้ค่าสีที่ดีที่สุด ขณะที่กล้วยที่ผ่านการแช่แข็งจะมีการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น ส่วน Gonzalez-Aguilar *et al.* (2004) ได้ทดลองแช่สับปะรดหั่นชิ้นในสารละลาย 3 ชนิด คือ ไอโซแอสคอร์บิก แอสคอร์บิก และซีสเทอีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 2 นาที แล้วบรรจุลงในถาดโพลีไธลีนแล้วนำไปเก็บที่ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วันพบว่าสับปะรดหั่นชิ้นที่แช่ในไอโซแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร แอสคอร์บิก 0.05 โมล/ลิตร และ

ซีสเตอิน 0.05 โมล/ลิตร สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลและลดการสูญเสียเนื้อสัมผัสด้วย ซึ่งไอโซแอสคอร์บิกให้ผลดีที่สุด รองลงมาคือ ซีสเตอิน และ แอสคอร์บิก ตามลำดับ

รัตน (2541) ได้รายงานถึงการแปรรูปลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อนิยมใช้ลำไยร่วงเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากราคาถูกกว่าลำไยช่อ ลำไยพันธุ์คอนิยมนำมาอบแห้งมากที่สุดเพราะเมื่ออบแห้งแล้วเนื้อจะไม่แฉะและมีสีสวยกว่าพันธุ์อื่น กรรมวิธีที่ใช้จะนำลำไยมาแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.3 จากนั้นนำเข้าตู้อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 – 15 ชั่วโมง เนื้อลำไยมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 18 ส่วนศุภศักดิ์ และคณะ (2543) ได้ทดลองโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อนแบบถาดในการอบลำไยชนิดแกะเปลือกซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 83.45 ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยทำการสลับทิศทางลมร้อนทุกๆ 2 ชั่วโมง พบว่าสามารถลดความชื้นของลำไยให้มีค่าเฉลี่ยทั้งตู้ต่ำกว่าร้อยละ 18 ในเวลา 12 ชั่วโมงได้ นอกจากนี้ สุนีย์รัตน์ (2544) ได้ทดลองอบแห้งลำไยพันธุ์คอใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง โดยใช้ความเร็วลม 0.45 และ 0.88 เมตรต่อวินาที และทำการสลับลมร้อนที่ 0, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่าความเร็วลมมีผลต่อการลดความชื้นและเวลาที่ใช้ออบ ส่วนการสลับทิศทางลมไม่มีผลต่อการลดความชื้นและเวลาที่ใช้ออบ